

Vysoká škola báňská  
Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní



***Provozní parametry dlouhých jízdních  
souprav***

***Operating Parameters of Long Road  
Trains***

Student:

Jiří Pacák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaromír Široký, Ph.D .

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Pacák**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R003 Dopravní technika a technologie  
Specializace: 10 Dopravní technika  
Téma: **Provozní parametry dlouhých jízdních souprav**  
**Operating Parameters of Long Road Trains**

Zásady pro vypracování:

Cíl: Na základě analýzy legislativních a provozních požadavků navrhnout parametry tahačů dlouhých jízdních souprav a stanovit předpokládané dynamické charakteristiky a další provozní parametry.

Postup:

- 1) Analýza legislativy v ČR i zahraničí ve vztahu provozování dlouhých jízdních souprav.
- 2) Definování požadavků na provoz a dynamické vlastnosti dlouhých jízdních souprav.
- 3) Návrh parametrů tahače dlouhých jízdních souprav.
- 4) Stanovení dynamických charakteristik a dalších provozních parametrů tahačů a celých jízdních souprav.
- 5) Provozně technické hodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

MATĚJKA Rostislav. *Vozidla silniční dopravy. Díl 1. 2. preprac. vyd.* Bratislava: Alfa, 1990. 213 s.

VLK František. *Dynamika motorových vozidel : jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, říditelnost, ovladatelnost, stabilita.* Brno: František Vlk, 2000. 434 s.

Podklady výrobců

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jaromír Široký, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

**Prohlašuji, že:**

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Jiří Pacák

Cyrilometodějská 354

766 01 Valašské Klobouky

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

PACÁK, J. Provozní parametry dlouhých jízdních souprav: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 36 s. Bakalářská práce, Vedoucí práce: ing. Široký Jaromír, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá analýzou legislativních podmínek provozu dlouhých jízdních souprav na pozemních komunikacích v ČR i zahraničí především z pohledu rozměrů a hmotnosti vozidel a druhů souprav. Práce definuje požadavky na provoz a dynamické vlastnosti dlouhých jízdních souprav. Jsou navrženy parametry návěsového tahače a následně srovnány se sériově vyráběným tahačem. Dále je rozebrána problematika předjíždění návěsové soupravy dlouhou jízdní soupravou za různých rychlostí. Práce řeší i ovladatelnost dlouhých jízdních souprav při malých rychlostech a srovnání se sériovými návěsovémi soupravami. Provozně technické hodnocení hodnotí jednotlivé výsledky a ukazuje doporučené směry řešení. Tabulky a grafy parametrů a rychlostních charakteristik jsou uvedeny v přílohách.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

PACÁK J., Operating Parameter of Long Road Trains: Bachelor Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, , 2011, 36 p. Thesis head: ing. Široký Jaromír, Ph.D.

The Bachelor Theses deals with analysis of operation Long Tandem Vehicles legislative conditions on infrastructures in Czech Republic and foreign countries from the perspective of vehicles dimensions, mass and tapes. Thesis defines demands for operation and dynamic characteristics of Long Tandem Vehicles. The truck tractor parameters are suggested and compared with serial produced tractor. Long Tandem Vehicles overtaking of articulated vehicle is analyzed at various velocities. It is solved the Long Tandem Vehicles manageability at low velocities and comparison with serial produced articulated vehicles is done. Operating technical evaluation judges results and shows the recommended directions. The tables and charts of parameters and speed characteristics are included in enclosure.

# OBSAH

<b>0. ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>1. ANALÝZA LEGISLATIVY V ČR I ZAHRANIČNÍ VE VZTAHU PROVOZOVÁNÍ DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....</b>	<b>4</b>
1.1 OMEZENÍ ROZMĚRŮ VOZIDEL.....	4
1.2 OMEZENÍ HMOTNOSTI VOZIDEL.....	5
1.3 NADROZMĚRNÝ NÁKLAD.....	5
1.4 SOUPRAVY EUROCOMBI .....	6
1.5 SILNIČNÍ VLAKY .....	9
<b>2. DEFINOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA PROVOZ A DYNAMICKÉ VLASTNOSTI DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....</b>	<b>10</b>
2.1 DEFINOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA PROVOZ DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....	10
2.2 DYNAMICKÉ VLASTNOSTI DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....	11
2.3 JÍZDNÍ ODPORY .....	12
<i>Odpor vzduchu:.....</i>	<i>13</i>
<i>Odpor setrvačnosti:.....</i>	<i>14</i>
<i>Odpor v tahu:.....</i>	<i>14</i>
<i>Odpor sklonu:.....</i>	<i>15</i>
<b>3. NÁVRH PARAMETRŮ TAHAČE DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....</b>	<b>16</b>
3.1 POHONNÉ ÚSTROJÍ .....	16
3.2 MOTOR: .....	16
3.3 PŘEVODOVKA:.....	16
3.4 ZADNÍ NÁPRAVA: .....	17
3.5 NÁVRH VOZIDLA TYP001.....	17
3.6 SÉRIOVÉ VOZIDLO:.....	19
3.7 PŘÍKLAD VÝPOČTU RYCHLOSTNÍ CHARAKTERISTIKY PRO PLNĚ LOŽENÝ TAHAČ TYP 001: .....	19
3.8 SROVNÁNÍ RYCHLOSTNÍ CHARAKTERISTIKY TYP 001 A MAN .....	22
3.9 ZJIŠTĚNÍ MAXIMÁLNÍ RYCHLOSTI VOZIDLA.....	22
<b>4. STANOVENÍ DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTIK A DALŠÍCH PROVOZNÍCH PARAMETRŮ TAHAČŮ A CELÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....</b>	<b>24</b>
4.1 PŘEDJÍŽDĚNÍ DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....	24
4.2 KONSTRUKCE TABULKY A GRAFU PŘEDJÍŽDĚNÍ PRO DLOUHOU JÍZDNÍ SOUPRAVU DÉLKY 25,25M MIMO OBEC:.....	24
4.3 OVLADATELNOST DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV .....	29
<b>5. PROVOZNĚ TECHNICKÉ HODNOCENÍ.....</b>	<b>36</b>
<b>6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>37</b>
<b>7. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>39</b>

## SEZNAM ZKRATEK:

Symbol	Jednotka	Vysvětlení
a	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení vozidla
$c_x$	[-]	součinitel odporu vzduchu
f	[-]	součinitel odporu valení
$F_k$	[N]	hnací síla na kole
$f_{pv}$	[-]	součinitel odporu valení přípojného vozidla
G	[N]	tíha vozidla
g	$[kg \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení
$G_{pv}$	[N]	tíha přípojného vozidla
$i_0$	[-]	stálý převod
m	[kg]	hmotnost vozidla
$M_k$	[Nm]	kroutící moment na kole
$m_{red}$	[kg]	redukováná hmotnost vozidla
$M_{sm}$	[Nm]	Kroutící momoent motoru
n	$[min^{-1}]$	otáčky motoru
$O_a$	[N]	odpor zrychlení
$O_f$	[N]	odpor valení
$O_s$	[N]	odpor sklonu
$O_t$	[N]	odpor v tahu
$O_{vz}$	[N]	odpor vzduchu
r	[m]	poloměr kola
$s_1$	[m]	minimální vnitřní obrysový poloměr otáčení
$s_2$	[m]	maximální vnější obrysový poloměr otáčení
$s_c$	[m]	celková dráha ujetá při předjíždění
$s_{pe}$	[m]	délka předjížděného
$s_{pi}$	[m]	délka předjíždějícího
$s_{po}$	[m]	vzdálenost navrácení do pruhu
$s_{pr}$	[m]	vzdálenost před předjížděním
$S_x$	$[m^2]$	čelní plocha vozidla
t	[s]	celková doba předjíždění

$V$	$[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	rychlost vozidla
$V_1$	$[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	rychlost předjížděného vozidla
$V_2$	$[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	rychlost předjíždějícího vozidla
$V_{\text{max}}$	$[\text{km}\cdot\text{h}^{-1}]$	maximální rychlost vozidla
$x$	$[\text{m}]$	šířka vozidla
$\alpha$	$[\text{°}]$	sklon vozovky
$\delta$	$[-]$	součinitel vlivu rotujících hmot
$\eta_{\text{pu}}$	$[-]$	účinnost pohonného ústrojí
$\rho_o$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^3]$	hustota vzduchu



## 0. ÚVOD

Bakalářská práce přibližuje čtenáři legislativní požadavky pro provoz dlouhých jízdních souprav u nás, i ve světě. Srovnává mezi sebou různé kombinace dlouhých jízdních souprav se standardními soupravami. Práce představuje i jiné kombinace velkoobjemové silniční dopravy a jejich výhody nebo nevýhody.

Hlavním tématem bakalářského projektu je vytvoření teoretického tahače TYP 001 ze standardně vyráběných celků (např. převodovky, motoru, rozvodovky, aj) důležitých pro výpočet rychlostní charakteristiky. Rychlostní charakteristika se počítá i u vybraného sériově vyráběného tahače. Oba tahače jsou v soupravě zatíženy celkovou možnou hmotností 60t. Obě rychlostní charakteristiky se porovnávají. Důležitým faktorem je i zjištění maximálních rychlostí obou tahačů z vytvořených rychlostních charakteristik.

Další kapitolou je předjíždění návěsových souprav dlouhými jízdními soupravami za různých konstantních rychlostí. Výstupem je grafické vyobrazení předjíždění za různých rychlostních podmínek.

Poslední kapitola se zabývá ovladatelností dlouhých jízdních souprav za velmi malých rychlostí. Výsledkem jsou autorem zkonstruované přesné nákresy několika kombinací dlouhých jízdních souprav. Pro představu jsou rozpracovány taky nákresy standardních souprav. (přívěsové, nebo návěsové)

# 1. ANALÝZA LEGISLATIVY V ČR I ZAHRANIČNÍ VE VZTAHU PROVOZOVÁNÍ DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV

## 1.1 Omezení rozměrů vozidel

Dle vyhlášky č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích v § 16 byly ustanoveny maximální rozměry vozidel, které se mohou pohybovat bez doprovodu a jiných náležitostí na pozemních komunikacích ČR. Většina evropských zemí je v ustanovení rozměrů jen nepatrně odlišná. Šířka vozidla je ve většině zemí povolena od 2,5 do 2,55 m, u mrazírenských vozidel je při minimální tloušťce stěny mrazírenské nástavby 45 mm povolena šířka 2,6 m. Ve většině zemí jsou délky návěsových souprav maximálně 16,5 m. Délka přívěsových souprav v ČR je povolena 18,75 m, s dvěma přívěsy, nebo s jedním návěsem a přívěsem je povolena délka 22 m. Výška vozidel ve většině zemí je 4 m. Ve Velké Británii je neomezená (u výšky vyšší jak 3m je povinnost označit každé vozidlo reflexní páskou). Pro snadnější orientaci jsou povolené rozměry vozidel v ČR rozebrány v příloze č. 2 Tab. 1.1 obsahuje zjednodušené srovnání povolených rozměrů v některých zemích Evropy. Ve Finsku jsou dlouhé jízdní soupravy povoleny. Hodnoty rozměrů byly čerpány ze stránek ([www.truckstop.wgz.cz](http://www.truckstop.wgz.cz)).

**Tab. 1.1** Limitní rozměry vozidel v některých Evropských zemích

[autor]

	Limitní rozměry [m]	ČR	Německo	Finsko	Belgie	Itálie
návěsová souprava	délka	16,5	16,5	25,25	16,5	16,5
	výška	4	4	4,2	4	4
přívěsová souprava	šířka	2,55	2,55	2,6	2,55	2,55
	délka	18,75	18,75	25,25	18,75	18,75
	výška	4	4	4,2	4	4

## 1.2 *Omezení hmotnosti vozidel*

Omezení hmotnosti vozidel je limitováno normou každé země, v ČR vyhláškou č. 341/2002 Sb. Omezením celkové hmotnosti vozidel se zabráňuje nadměrnému tlaku jednotlivých kol vozidel způsobujících deformaci vozovky, např. vyjetí kolejí, nebo sesutí krajnice. Hmotnosti vozidel jsou omezeny i kvůli bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích. Kontrolami hmotností se zabývají bezpečnostní složky států, v ČR kontrolu hmotností vozidel vykonává celní správa, která má i pravomoc vydávat sankce za její překročení. Používají k tomu mobilní tenzometrické váhy. Sledovaným faktorem kontrolovaných vozidel je celková hmotnost na nápravu a okamžitá hmotnost.



Obr. 1.1

Mobilní silniční váha PW 10 [1]

Hmotnosti na nápravu a celkové hmotnosti vozidel jsou limitovány zákony v jednotlivých státech o provozu na pozemních komunikacích. Hmotnosti na nápravu stanovené zákonem ČR jsou uvedeny v příloze 1.

## 1.3 *Nadrozměrný náklad*

Někdy je nutné převážet náklad ať už rozměrově, hmotnostně, nebo kombinovaně překračující zákonem stanovené limity, např. těžkou stavební techniku, velké strojní součásti, aj. V ČR se nadrozměrnou dopravou zabývá zákon č. 13/1997 Sb., v platném znění. Každá země má specifikovaná svá pravidla pro provozování nadměrného nákladu na pozemních komunikacích, např. zákaz jízdy přes železniční přejezd, zajištěná doprovodná vozidla, informovanost kontrolních orgánů aj. Pravidlem zůstává, nepřekračovat povolené hmotnosti na nápravu. Aby byla splněna tato podmínka, používají se k přepravě nadrozměrného nákladu speciální přípojná vozidla, tzv. podvalníky. Podvalník je tří a vícenápravový přívěs, nebo návěs s vyztuženým rámem, někdy i s řiditelnými nápravami, nebo měnitelnou délkou ložné plochy.



**Obr. 1.2**

Podvalník se třemi nápravami [2]




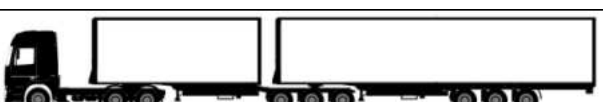
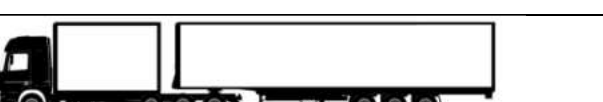


#### 1.4 *Soupravy EUROCOMBI*

Představují dlouhé jízdní soupravy lišící se oproti nadrozměrné dopravě stejnými legislativními podmínkami pro provoz na pozemních komunikacích jako u standardních jízdních souprav. Některé evropské země dlouhé jízdní soupravy povoluje, např. Švédsko, nebo Finsko, kvůli mnohým výhodám, jako např. úspora pohonných hmot, úspora na provozních nákladech, kombinovatelnost soupravy, nebo ekologii provozu (úbytek standardních souprav). Dlouhé jízdní soupravy jsou limitovány celkovou hmotností 60 tun a délkou soupravy 25,25 m V tab. 1.3 jsou nejčastější příklady kombinovatelnosti dlouhých jízdních souprav.

U souprav typu A (v tab. č. 1.3) se pro připojení návěsů za vozidla vybavena spojovacím zařízením podle směrnice EU 94/20/EC používá buďto základní podvozek opatřený točnicí, nebo speciální podvozek typu dolly s říditelnou přední nápravou, která výrazně zlepšuje ovladatelnost jízdní soupravy do rychlosti 30 km/h Jakmile souprava překročí limit 30 km/h podvozek dolly automaticky kvůli bezpečnosti zablokuje přední řízenou nápravu.

Jedna dlouhá jízdní souprava je i v ČR na základě výjimky udělené ministerstvem dopravy a policie povolena na vytyčené trase mezi Rokycany a Mladou Boleslaví, a to jen v nočních hodinách, z důvodů minimálního provozu.

**Tab. 1.3** Konstrukční řešení dlouhých jízdních souprav [3]

<b>A</b>	
<b>B</b>	
<b>C</b>	
<b>D</b>	
<b>E</b>	
<b>F</b>	
<b>G</b>	

#### **Souprava typu A:**

Jedná se o konvenční nákladní automobil valníkové nástavby s připojeným natáčecím podvozkem dolly vybaveným točnicí pro napojení standardního sedlového návěsu.

Délka takové soupravy je oproti běžné návěsové soupravě prodloužena o valníkovou nástavbu tažného vozidla a délkou oje podvozku dolly. Výhodou soupravy je možnost využití samotného tažného vozidla, např. pro pokrytí požadavků zákazníků s nižšími kapacitami přepravy, nebo použití tažného vozidla spojeného s konvenčním přívěsovým vozidlem.

#### **Souprava typu B:**

Souprava sestavená z výkonného tahače, nejčastěji se třemi nebo více nápravami z důvodu přenosu velkého výkonu vybaveného točnicí pro připojení standardního sedlového návěsu navíc vybaveného spojovacím zařízením oko-čep pro připojení konvenčního tandemového přívěsu.

Délka soupravy oproti standardním typům souprav je prodloužena o tandemový přívěs. Výhodou je, že tažné vozidlo lze díky velkému tažnému výkonu provozovat i pro jiné účely, např. nadrozměrné dopravy a tak rozšířit portfolio přepravní firmy. Další výhodou je možnost odpojení tandemového přívěsu a provozování klasické návěsové soupravy bez legislativního omezení provozu dlouhých jízdních souprav.

#### **Souprava typu C:**

Tažné vozidlo představuje vozidlo vybavené valníkovou nástavbou spojené s dvěma za sebou tandemovými přívěsy spojenými spojovacím zařízením oko-čep.

Délka soupravy je prodloužena o druhý tandemový přívěs. Opět jsou zde velké možnosti kombinací spojení a využití soupravy podle potřeb zákazníka.

#### **Souprava typu D**

Tažné vozidlo představuje velmi výkonný tahač vybavený točnicí pro spojení speciálního sedlového návěsu, který je vybaven valníkovou nástavbou velikosti tandemového přívěsu a točnicí pro připojení druhého již standardního návěsu.

Délka této soupravy je prodloužena o speciální návěs. Jistou nevýhodou tohoto uspořádání je nutnost pořízení zmiňovaného speciálního návěsu a jeho využití jen na tuto soupravu.

#### **Souprava typu E:**

Souprava složená ze speciálního tahače s valníkovou nástavbou vybaveného točnicí pro připojení standardního sedlového návěsu.

Výhodou je, že délka soupravy je 22 metrů s předvídatelným chováním na silnici jako je tomu u konvenční návěsové soupravy. Nevýhodou je nutnost pořízení speciálního tažného vozidla a vysokou neekonomičností provozu samotného tažného vozidla.

#### **Soupravy typu F a G:**

Soupravy složené z vozidla s valníkovou nástavbou spojené pomocí oko+čep se standardním točnicovým přívěsem (typ F), nebo tandemovým přívěsem (typ G).

Oba druhy souprav jsou odlišné svou celkovou délkou soupravy a využitelným objemem pro náklad.

### 1.5 *Silniční vlaky*

Jízdní soupravy složené výhradně ze dvou a více návěsů spojených pomocí podvozků vybavených točnicí s tahačem. Silniční vlaky dlouhé až 50 m, celkovou hmotností atakující až 140 tun jsou schopny provozu jen na některých určených místech na světě. Provozují je např. Austrálie, nebo Brazílie. Zajímavostí silničních vlaků je nutnost tahače mít masivní přední ochranný rám minimalizující poškození vozidla při střetu s divokou zvěří, protože silniční vlaky jsou schopny zabrzdit na vzdálenost až jednoho kilometru.



**Obr. 1.3**

Typický silniční vlak v Australské poušti

[4]

## 2. DEFINOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA PROVOZ A DYNAMICKÉ VLASTNOSTI DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV

### 2.1 *Definování požadavků na provoz dlouhých jízdních souprav*

Abychom mohli blíže představit velkokapacitní jízdní soupravy, musíme si vysvětlit odborné pojmy.

**low-decker** – návěšová souprava, která nemá omezení v žádném státě Evropy, avšak disponuje větším objemem nákladového prostoru. Výška od podlahy ke stropu plachtového návěsu je 3m. Výška tahače od země k točňě je 0,99m. Tak malá výška se projeví na konstrukci tahače, používají se menší kola, ve většině případů je pérování tahače provedeno vzduchovými měchy, aj. Tyto soupravy uvezou více nákladu díky kompaktnější podvozkové stavbě tahače a návěsu. Jistou nevýhodou je nemožnost kombinování přípojného vozidla se standardním tahačem. Předností je, neomezenost pohybu soupravy po celé Evropě.

**double-decker** – návěšová souprava (obr. 2.1), která využívá také větší výškou ložné plochy jako low-decker, avšak ne konstrukcí podvozkových skupin, ale zvýšenou konstrukcí přípojného vozidla. Takové soupravy se pohybují např. ve Velké Británii. U nás jsem nenašel zmínku o jediné soupravě. Tyto soupravy mají velikou nevýhodu s výškou v průjezdu nízkých podjezdů, kterých je u nás mnoho a také nutným zvýšeným dohledem řidiče nad větrem při vyšších rychlostech soupravy.



Obr. 2.1

návěšová souprava double-decker [5]



Oba druhy souprav mohou být vybaveny dvojitou podlahou. Na přepravu lehčích nákladů mohou takové soupravy nahradit až dvě standardní návěsové soupravy, což je dnes velice přívětivé pro dopravce, kterým se neustále zvyšují náklady na kilometr. Tyto soupravy ale nemohou přepravit tolik zboží, kolik převeze souprava EUROCOMBI, která navzdory legislativním podmínkám má velikou budoucnost nejen na českých silnicích.

Soupravy EUROCOMBI nemusejí být pouze valníkové. Můžeme se o tom přesvědčit v severoevropských zemích (Švédsko, Finsko), kde s velkým ohlasem testovali dlouhou jízdní soupravu na odvoz kmenů z lesa. Odborné testy dokázali snížení spotřeby oxidu uhličitého o 20%.

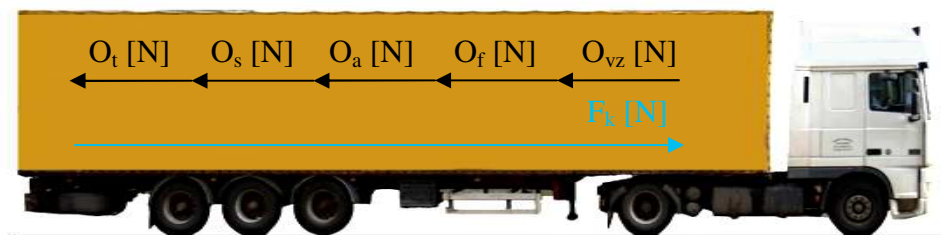
### **Nasazení na českých silnicích:**

Nasazením dlouhých jízdních souprav na české silnice bych oponoval z několika důvodů. Tím hlavním je nedostatečná dálniční síť, na kterou jsou tyto soupravy určeny. ČR je svou polohou tranzitní zemí, a proto bych viděl tyto soupravy u nás, až budou vybudovány hlavní silniční tahy až ke hranicím sousedních zemí a také vybudování sekundární páteřní dálnice k dálnici D1 a to severně mezi Hradcem Králové a Ostravou. Poté bych tyto soupravy legislativně povolil jen na dálnice a rychlostní silnice. Tyto opatření by zamezily dostat dlouhé jízdní soupravy na silnice nižších tříd, na kterých by se poté mohli tvořit zácpy a také kumulovat větší pravděpodobnosti dopravních nehod. I přes všechna zde uvedená opatření k povolení dlouhých jízdních souprav na českých silnicích je tu problém využitelnosti jen v ČR, která svou rozlohou nemůže využít kapacitu dlouhých jízdních souprav. Proto se tyto úvahy o povolení dlouhých jízdních souprav musí řešit mezinárodně, aby mohla být plně využita kapacita souprav.

## ***2.2 Dynamické vlastnosti dlouhých jízdních souprav***

### **Pohybová rovnice:**

Je to součet všech jízdních odporů působících na vozidlo, které musí být v rovnováze s hnací silou  $F_k$ , je to základní pohybová rovnice vozidla pro jízdu přímým směrem. Její odvození je na obr 2.2



Obr. 2.2

Základní pohybová rovnice vozidla [autor]

$$F_k = \sum O = O_f + O_{vz} + O_a + O_s + O_t$$

$$F_k = G \cdot \cos \alpha \cdot f + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_x \cdot c_x \cdot V^2 + m \cdot a \cdot \delta + G \cdot \sin \alpha + G_{pv} \cdot f_{pv} \quad (6)$$

Pro zajištění pohybu vozidla je nutná hnací síla na kolech. Celková hnací síla je výsledkem součtu všech hnacích sil na jednotlivých hnacích kolech, které působí ve styku kol s vozovkou. Proti této síle působí na vozidlo vždy odpor vzduchu, odpor valení a v našem případě tahače i odpor tahu a odpory působící jen za určitých okolností, jako odpor zrychlení a odpor sklonu. Hnací síla se všemi odpory působící na vozidlo musí být v rovnováze, tudíž platí základní rovnice pohybu vozidla.

### 2.3 Jízdní odpory

#### **Odpor valení:**

Odpor valení  $O_f$  je roven součtu valení jednotlivých kol vozidla. Pro obecný případ pohybu vozidla se tíhová složka rozkládá do složky kolmé k vozovce a do složky rovnoběžné s vozovkou.

$$O_f = G \cdot \cos \alpha \cdot f \quad [N] \quad (7)$$

G... tíha vozidla [N]

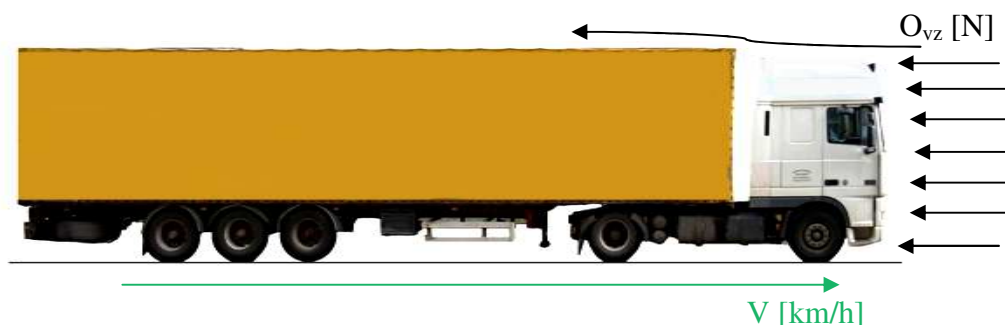
$\alpha$ ... úhel sklonu vozovky [°]

f... součinitel odporu valení kol motorového vozidla [-]

Pozn.: pro malé sklony vozovky lze funkci  $\cos \alpha$  zanedbat, (např. při 10% stoupání, tj.  $\alpha=5^\circ 42'$  je  $\cos \alpha = 0,995$ ).

### ***Odpor vzduchu:***

Tento odpor jako jediný je nezávislý na hmotnosti vozidla. Závisí na velikosti čelní plochy vozidla, jeho aerodynamickému koeficientu a měrné hmotnosti (hustotě) vzduchu. Odpor vzduchu (aerodynamický odpor) je síla, kterou aerodynamický tlak  $p_d$  působí na čelní plochu vozidla  $S_x$  se součinitelem odporu vzduchu  $c_x$ .



**Obr.2.3**

Odpor vzduchu [autor]

$$O_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_x \cdot c_x \cdot V^2 \quad [N] \quad (8)$$

$\rho$  ... měrná hustota [kg·m<sup>-3</sup>]

$S_x$  ... čelní plocha vozidla [m<sup>2</sup>]

$c_x$  ... součinitel odporu vzduchu [-]

$V$  ... rychlost vozidla [km/h]

Rychlost ve vzorci označuje relativní rychlost vozidla vůči vzduchu. Závisí tedy nejen na rychlosti vozidla, ale i na rychlosti a směru větru. Pro praktické výpočty a zjednodušení uvažujeme bezvětří. Nejčastěji vyskytované hodnoty čelní plochy a součinitele odporu vzduchu pro osobní a nákladní automobily jsou uvedeny v tab. 2.1.

**Tab. 2.1:** Příklady součinitele  $c_x$  a čelní plochy  $S_x$  [9]

Vozidlo	$S_x$	$c_x$
osobní	1,5 až 3	0,35 až 0,5
Škoda Octavia Combi	2,0	0,35
Mercedes-Benz ML	2,6	0,395
Nákladní (kryté)	5 až 10	0,5 až 0,8
Nákladní s přívěsem/návěsem	5 až 10	0,5 až 1

### ***Odpor setrvačnosti:***

Odpor setrvačnosti je definován silou, která je způsobena zpožděním nebo zrychlováním hmoty vozidla a všech rotujících hmot spojených s koly vozidla (ať už hnacími nebo hnanými). Při zrychlování působí tento odpor proti směru pohybu, při zpomalování působí ve směru pohybu, stejně jako hnací síla.

$$O_a = m_{red} \cdot a = \frac{G}{g} \cdot a \quad [N] \quad (10)$$

$m_{red}$ ... redukovaná hmotnost vozidla [kg]

$a$ ... příčné zrychlení vozidla [ $m \cdot s^{-2}$ ]

$g$ ... tíhové zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]

Pro přesný výpočet byl zaveden pojem redukovaná hmotnost  $m_{red}$ . Tato veličina se skládá z hmotnosti vozidla a redukovaných hmotností hnacího ústrojí a vlečených kol. Redukované hmotnosti závisí na kvadrátu zařazeného převodu. Pro zjednodušení a praktické výpočty se proto zavádí součinitel redukovaných hmot, jehož typické hodnoty nalezneme v tabulce.

### ***Odpor v tahu:***

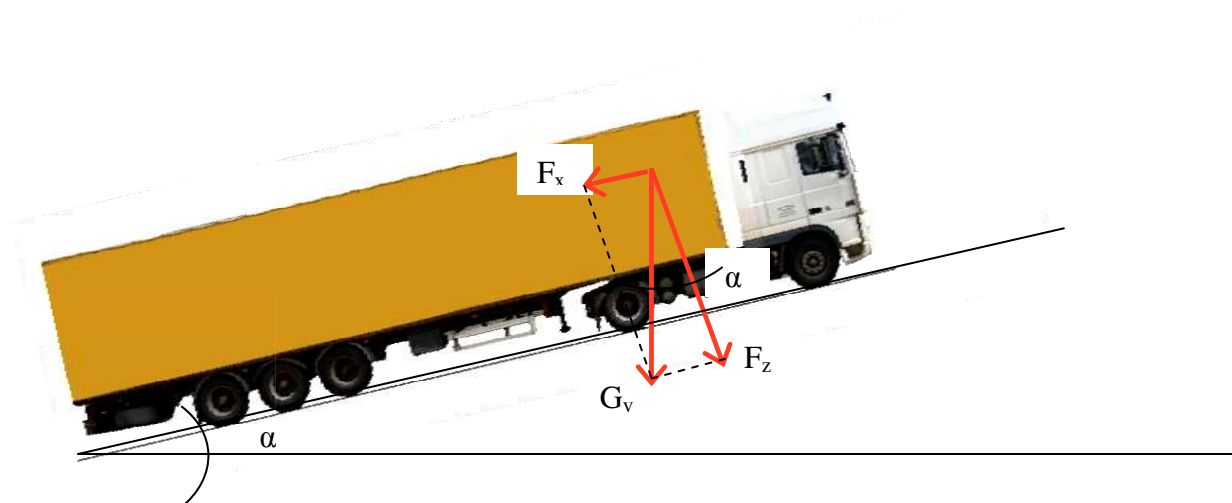
Odpor v tahu je síla proti směru jízdy vozidla, kterou působí přípojně vozidlo na motorové vozidlo, pokud neuvažujeme přípojně a motorové vozidlo jako celek. S odporem v tahu se uvažuje převážně u traktorů, tahačů přívěsů, nebo tahačů návěsů. Odpor tažení přívěsů při vodorovné oji a při jízdě rovnoměrnou rychlostí na vodorovné vozovce je dán vztahem:

$$O_t = G_{pv} \cdot f_{pv} \quad [N] \quad (11)$$

$G_{pv}$ ... tíha přípojného vozidla [N]

$f_{pv}$ ... součinitel odporu valení kol přípojného vozidla [-]

### ***Odpor sklonu:***



**Obr. 2.4**

Odpor sklonu [autor]

Odpor sklonu je roven složce tíhy vozidla ve směru jízdy. Stoupání se uvádí v %. Přepočet stoupání v procentech na sklon vozovky ve stupních je uveden v tab. Největší hodnota stoupání na vozovkách se pohybuje kolem 12%. Jízdní soupravy budeme uvažovat při výpočtech jako samostatné vozidlo o hmotnosti celé soupravy.

$$O_s = G \cdot \sin \alpha \quad [N] \quad (12)$$

m... hmotnost vozidla [kg]

$\alpha$ ... úhel sklonu vozovky [ $^\circ$ ]

g... tíhové zrychlení [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ ]

### 3. NÁVRH PARAMETRŮ TAHAČE DLOUHÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV

#### 3.1 *Pohonné ústrojí*

Základním prvkem každého tahače je žebřinový rám, na kterém je na silentblocích přišroubovaný podélně vznětový spalovací motor. Motor je spojen přes spojku s převodovou skříní, která je uložena mezi hlavními podélníky rámu. Z převodové skříně je hnací moment veden pomocí kloubového hřídele do rozvodové skříně. Rozvodová skříň hnací moment větví kolmými směry do poloos k nábojům kol.

Výrobci tahačů nejsou omezeni svou nabídkou, a tak ve svém portfoliu nabízejí velmi pestrou škálu uspořádání pohonu 4x2, nebo 6x6, až 8x8 společně s rozdílně výkonným hnacím ústrojím a různě stupňovitou převodovou skříní zkombinovanou většinou na míru zákazníka, protože většina zákazníků pořizuje tahače pro přepravu předem známých komodit.

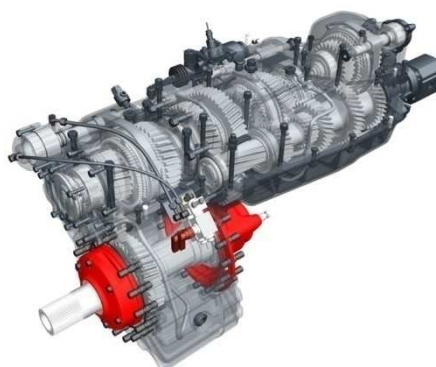
#### 3.2 *Motor:*

Jedná se ve většině případů o velmi výkonné, mnohdy přeplňované vznětové šesti a víceválcové hnací agregáty vysokých výkonů, cca od 200 do 500kW s objemem od 13 do 16l splňující nejpřísnější ekologické limity euro 4, nebo euro 5. Motory tahačů se hmotnostně pohybují od 500 do 800kg. Každý motor má svou charakteristickou grafickou podobu závislosti otáček na momentu a otáček na výkonu, viz obr. 5. Pro dlouhou jízdní soupravu jsem vybíral mezi těmi nejsilnějšími motory kvůli dynamice a bezpečnosti provozu.

#### 3.3 *Převodovka:*

Hnací moment od motoru přenáší zpravidla jednokotoučová automatizovaná spojka na převodovku. Převodovky určené pro tahače jsou dnes většinou automatické šesti a více-stupňovité, kvůli nízkému úbytku celkového výkonu při rychlém automatizovaném přeřazování rychlosti, vysoké efektivitě snižování spotřeby pohonných hmot tahače a v neposlední řadě též kvůli komfortu řidiče. V minulosti nebyli výjimkou dvanáctistupňové nesynchronizované převodovky. Označování automatizovaných převodovek se u výrobců liší. Většina značek vyrábějící nákladní

automobily z hlediska ekonomického odebírají převodovky od specializovaných firem, např. Allison, nebo ZF.



**Obr. 3.1**

Převodovka [13]

### 3.4 *Zadní náprava:*

Nápravy u tahačů jsou tuhé a jsou odpruženy vzduchovými měchy nebo zřídka kdy listovými pružnicemi. Velkou výhodou odpružení měchy je nastavitelná světlá výška nápravy podle zatížení tahače a nastavení optimálního odpružení pro prázdný tahač, nebo tahač s plně loženým návěsem. To u pružení s listovými pružnicemi neexistuje a musí se naladit už při výrobě vždy na kompromis mezi samotným tahačem a tahačem s plně loženým návěsem.



**Obr.3.2**

Hnací náprava [14]

### 3.5 *Návrh vozidla TYP001*

Z úkolu vytvořit tahač vhodný pro dlouhé soupravy zvolíme motor převodovku, nápravu a kabinu. Všechny parametry pohonného ústrojí obou tahačů jsou v příloze 1.

Pro samotné vytvoření grafické rychlostní charakteristiky, musíme znát charakteristiku motoru, všechny převody v převodovce a rozvodovce. Mimo to, musíme také znát poloměr hnacích kol a velikost čelní plochy vozidla  $S_x$ . Některé hodnoty nikde nevyčteme, a tak si je volíme, tab. 3.1 Ostatní hodnoty volíme podle vyrobeného celku tahače.

**Tab. 3.1** Volené parametry [autor]

volený parametr	označení	rozsah	volený
účinnost pohonného ústrojí	$\eta_{PU}$	-	0,83
součinitel odporu vzduchu	$c_x$	0,6 až 1	0,8
součinitel valivého odporu	$f$	0,005 až 0,02	0,015

### Návrh motoru:

Motor volíme co nejsilnější, což poznáme na grafu motoru. Zvolil jsem řadový vidlicový osmiválec z tahače Mercedes-Benz OM 502 LA V8 .

### Návrh převodovky:

Převodovku volíme automatizovanou, pro lepší tahové vlastnosti. V dnešní době z ekonomických důvodů, většina výrobců nákladních vozidel využívá pro výběr převodovky specializované firmy, které mají dlouholeté zkušenosti s vývojem a výrobou převodovek různých výkonových řad. Mezi takové firmy patří zajisté i německá firma ZF, od které jsem si vybral převodovku typu ZF 12 AS 1930 TO pro přenos velkých tažných sil vhodnou právě pro dlouhé jízdní soupravy.

### Návrh hnací nápravy a poloměru hnacích kol:

Hnací nápravu volíme kvůli velikosti stálého převodu pro optimalizaci maximální rychlosti vozidla, aby naše dlouhá jízdní souprava zatížená celkovou povolenou hmotností 60t nejela pod povolenou rychlost 80km/h na dálnicích, kde se dlouhé jízdní soupravy budou nejčastěji pohybovat. Volil jsem hnací nápravu z tahače Scania R650 se stálým převodem 2,97.



### Návrh kabiny:

Kabinu tahače volíme pro pohodlí a komfort řidiče spací dvoulůžkovou. Kabinu ale především volíme pro určení velikosti čelní plochy vozidla  $S_x$ . V mém případě volím kabinu z tahače DAF XF 105 Super Space Cab s velikostí čelní plochy  $S_x$  9,288m<sup>2</sup>.

### 3.6 *Sériové vozidlo:*

Volíme jako konkurenta pro námi vytvořené vozidlo. Vozidlo je vybaveno nejvýkonnějším motorem a osvědčenou převodovkou firmy ZF. Základní parametry tahače uvádí tab. 3.2 Celkový přehled všech důležitých technických údajů potřebných pro výpočet je uveden v příloze č.

Tab. 3.2 Základní parametry sériového tahače [autor]

<b>motor</b>	MAN D 2066 LF 36
<b>převodovka</b>	MAN Tipmatic ZF AS 21 31 DD
<b>rozvodovka</b>	$i_0 = 2,87$
<b>kabina</b>	$S_x = 8,906 \text{ m}^2$
<b>hnací kola</b>	315/70 R22, $r = 0,45\text{m}$

### 3.7 *Příklad výpočtu rychlostní charakteristiky pro plně ložený tahač TYP 001:*

Pomocí tabulkového software Excel 2007 se vypočetly hodnoty nutné pro tvorbu rychlostní charakteristiky. Vypočtená data jsou uvedena v příloze 2. Vypíši zde první řádek výpočtu pro 1. převodový stupeň.

**Tab. 3.3** Zadané parametry nutné pro výpočet rychlostní charakteristiky tahače TYP001

[autor]

Ostatní parametry důležité pro výpočet			Převodové poměry převodovky		Tabulková charakteristika motoru			
<i>celková hmotnost soupravy</i>	$m_v [kg]$	60000			<i>otáčky</i>		<i>Kroutící moment</i>	
<i>čelní plocha</i>	$S_x [m^2]$	9,288	$i_{pu} [-]$		$n [min^{-1}]$		$M_{SM} [Nm]$	
<i>součinitel odporu vzduchu</i>	$c_x [-]$	0,8	12,33	2,7	1000	1600	2700	2550
<i>poloměr kola</i>	$r [m]$	0,45	9,59	2,1	1100	1700	2800	2400
<i>stálý převod</i>	$i_0 [-]$	2,97	7,44	1,63	1200	1800	2750	2300
<i>účinnost</i>	$\eta_{PU} [-]$	0,83	5,78	1,27	1300	1900	2690	2055
<i>valivý odpor</i>	$f$	0,015	4,57	1	1400	2000	2670	1800
			3,55	0,78	1500		2655	

**Tab. 3.4** Vypočtené hodnoty pro první převodový stupeň plně loženého tahače TYP001

[autor]

$M_{ki} [Nm]$	$V [km.h^{-1}]$	$F_K [N]$	$O_v [N]$	$O_f + O_v [N]$
82065,64	4,63	182368,10	7,97	8836,97
85105,11	5,10	189122,47	9,65	8838,65
83585,38	5,56	185745,29	11,48	8840,48
81761,7	6,02	181692,66	13,47	8842,47
81153,8	6,49	180341,79	15,63	8844,63
80697,88	6,95	179328,63	17,94	8846,94
77506,44	7,41	172236,54	20,41	8849,41
72947,24	7,88	162104,98	23,04	8852,04
69907,77	8,34	155350,60	25,83	8854,83
62461,07	8,80	138802,39	28,78	8857,78
54710,43	9,27	121578,73	31,89	8860,89

Kroutící moment motoru na  $i$ -tý (1.) stupeň:

$$\begin{aligned}
 M_{k\ j\ i} &= M_{SMi} \cdot i_{pu1} \cdot i_0 \cdot \eta_{PU} & [Nm] \\
 M_{k1.1} &= 2700\ Nm \cdot 12,33 \cdot 2,97 \cdot 0,83 \\
 \underline{\underline{M_{k1.1} &= 82065,64\ Nm}}
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Rychlost vozidla na i-tý (1.) stupeň:

$$V_{j,i} = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot \pi \cdot n_i \cdot r}{i_0 \cdot 60 \cdot i_{pu1}} \quad [km \cdot h^{-1}]$$

$$V_{1,1} = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot \pi \cdot 1000 \text{ min}^{-1} \cdot 0,45m}{2,97 \cdot 60 \cdot 12,33} \quad (16)$$

$$\underline{\underline{V_{1,1} = 4,63 km \cdot h^{-1}}}$$

Hnací síla na kolech na i-tý (1.) stupeň:

$$F_{k,j,i} = \frac{Mk_{i,j}}{r} \quad [N]$$

$$F_{k1,1} = \frac{82065,64 Nm}{0,45m} \quad (17)$$

$$\underline{\underline{F_{k1,1} = 182368,1N}}$$

Odpor vzduchu na i-tý (1.) stupeň:

$$O_{v,j,i} = 0,05 \cdot S_x \cdot c_x \cdot V_{j,i}^2 \quad [N]$$

$$O_{v1,1} = 0,05 \cdot 8m^2 \cdot 0,6 \cdot 4,63 km \cdot h^{-1} \quad (18)$$

$$\underline{\underline{O_{v1,1} = 5,15 N}}$$

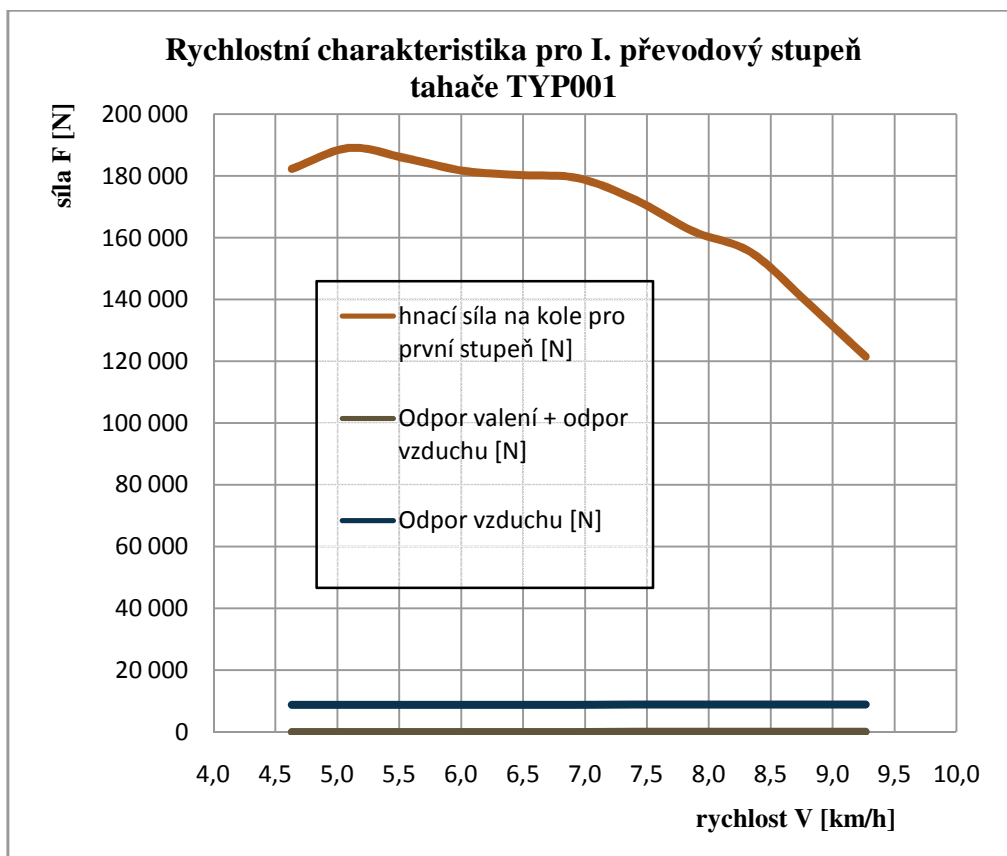
Odpor vzduchu + odpor valení na i-tý (1.) stupeň:

$$O_f + O_v = f \cdot m_v + O_v \quad [N]$$

$$O_f + O_v = 0,015 \cdot 60000 \text{ kg} + 6,23 N \quad (19)$$

$$\underline{\underline{O_f + O_v = 8834,15 N}}$$

Grafické vyjádření je na obr. 3.4 Závislost hnací síly na kole a rychlosti vozidla vyjadřuje v celkovém měřítku s ostatními převodovými stupni, kromě zpětného chodu optimální tažnou sílu celkově zatíženého tahače



Obt. 3.3

Rychlostní charakteristika pro I. stupeň

[autor]

Pro ukázkou a porovnání byly vytvořeny i pilové diagramy pro oba plně ložené tahače. Jejich průběhy jsou v příloze č. 11

### 3.8 Srovnání rychlostní charakteristiky TYP 001 a MAN

Z bližšího zkoumání rychlostních charakteristik vyplývá, že charakteristika sériového tahače MAN je celkově uhlazenější a převodové stupně navazují na sebe. Není to náhodou. Sériový tahač MAN je počítán se součástmi, se kterými bylo počítáno již při návrhu vozidla a mimo to, je tvořen s mnohaletými zkušenostmi s výrobou tahačů. Teoretický tahač TYP 001 je sestaven náhodně z komponentů různých výrobců a není ani prozkoušen prakticky. Na rychlostní charakteristice tahače TYP001 je to patrné na sebe plynule nenavazujícími stupni. Nedokonalá plynulost rychlostní charakteristiky je pak zdrojem zvýšené spotřeby paliva, aj.

### 3.9 Zjištění maximální rychlosti vozidla

Z grafického vyobrazení rychlostní charakteristiky odečteme průsečík součtu odporů (valivý a vzduchu) a posledního rychlostního stupně. Tento průsečík nám přenesený na

vodorovnou osu (rychlost  $V$ ) vyznačuje maximální rychlost vozidla, kterou lze v přímém směru jízdy dosáhnout. Oba tahače (plně ložené 60t) vykazovali maximální rychlost jinou a oba dva splnily požadavek na rychlost vyšší než 80 km/h nutnou pro provoz na dálnicích. Maximální rychlost odečtená z grafu vykazuje jistou odchylku, cca  $\pm 3$  km/h a pro oba tahače je uvedena v tab. 3.5.

**Tab. 3.5** Maximální rychlost plně ložených tahačů *[autor]*

	<b>TYP 001</b>	<b>MAN TGX 18.440 XLX</b>
maximální rychlost $V_{\max}$ [km/h]	100 $\pm$ 3km/h	93 $\pm$ 3km/h

## 4. STANOVENÍ DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTIK A DALŠÍCH PROVOZNÍCH PARAMETRŮ TAHAČŮ A CELÝCH JÍZDNÍCH SOUPRAV

### 4.1 *Předjíždění dlouhých jízdních souprav*

Úkolem této kapitoly je zabývat se vzdáleností potřebnou k předjetí jízdních souprav dlouhými jízdními soupravami. Předjíždějící vozidlo představuje dlouhou jízdní soupravu délky 25,25m. Předjížděné vozidlo představuje tahač s návěsem délky 16,5m. Pro zjednodušení neuvažujeme zrychlení po celou dobu předjíždění, ale předpokládáme konstantní rychlost v průběhu celého předjíždění.

Známe-li dráhu potřebnou k vybočení vozidla z jízdního pruhu, délku předjížděného vozidla, vzdálenost navrácení do jízdního pruhu a délku předjíždějícího vozidla a známe-li rychlost předjížděného a předjíždějícího vozidla můžeme vytvořit graf znázorňující velikost potřebné dráhy k bezpečnému předjetí vozidla na rozdílu rychlostí vozidel.

### 4.2 *Konstrukce tabulky a grafu předjíždění pro dlouhou jízdní soupravu délky 25,25m mimo obec:*

Vycházíme ze základního vzorce pro rychlost, upraveného pro výpočet skutečně ujeté dráhy a doplněného převodem rychlosti z m/s na km/h. Skutečná ujetá dráha při předjíždění  $d_2$  je větší, než celková ujetá dráha při předjíždění  $d_c$ , která platí, jen když se předjížděné vozidlo pohybuje rychlostí  $V_1=0$  km/h.

Rychlost předjíždění je volena podle druhu umístění komunikace. Pokud se jedná o předjíždění ve městě, počítá se s rychlostmi 50 km/h, na dálnici s rychlostmi do 90 km/h, rovněž tak na silnici s protisměrným provozem a protijedoucím vozidlem do 90 km/h. Odstup od předjížděného vozidla a dráha nutná k navrácení vozidla je volena a pro zjednodušení situace je stejná pro různé rychlosti předjíždění.

Na obr. 4.1 je zobrazena dráha nutná k bezpečnému předjetí vozidla.



Obr. 4.1

Dráha nutná k bezpečnému předjetí

[autor]

Celkovou ujetou dráhu předjíždění tvoří součet všech dílčích úseků, které jsou nutné pro bezpečné předjetí. Přehled všech dílčích úseků je uveden v tab. 4.1 Dráha nutná k bezpečnému předjetí je součtem všech dílčích úseků.

Tab. 4.1 Ujetá dráha předjíždění

[autor]

Vzdálenosti		[m]
vzdálenost před předjížděním	$s_{pr}$	12
délka předjížděného	$s_{pe}$	16,5
vzdálenost navrácení do pruhu	$s_{po}$	15
délka předjíždějícího	$s_{pi}$	25,25

$$\begin{aligned}
 s_c &= s_{pr} + s_{pe} + s_{po} + s_{pi} & [m] \\
 s_c &= 12 + 16,5 + 15 + 25,25 \\
 s_c &= 69,25m
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Samotný výpočet předjíždění se provádí pomocí software Microsoft Excel. Vycházíme přitom z upravených základních vzorců pro rychlost a pomocí tří tabulek.

### Konstrukce tabulek potřebných pro vytvoření grafů předjíždění:

Tab. 4.2 Doba předjíždění

[autor]

doba předjíždění		rychlost předjížděného $V_1$ [km/h]				
[hod]		10	20	30	40	50
rychlost předjíždějícího $V_2$ [km/h]	10	-				
	20	0,0069	-			
	30	0,0035	0,0069	-		
	40	0,0023	0,0035	0,0069	-	
	50	0,0017	0,0023	0,0035	0,0069	-

Abychom mohli vypočíst celkovou ujetou dráhu při předjíždění, musíme vycházet z tabulky doby předjíždění. Tabulku předjíždění vytváříme ze zvolených kroků rychlosti předjížděného a předjíždějícího vozidla. Dobu předjíždění počítáme podle upraveného vzorce pro rychlost.

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} = 0,001 \cdot \frac{s_c}{V_2 - V_1} \quad [hod] \quad (21)$$

$s_c$  ... celková vzdálenost nutná k předjetí [m]

$V_2$  ... rychlost předjíždějícího vozidla [km/h]

$V_1$  ... rychlost předjížděného vozidla [km/h]

**Tab. 4.3** Celková ujetá dráha předjíždění [autor]

celková ujetá dráha [m]		rychlost předjížděného $V_1$ [km/h]				
		10	20	30	40	50
rychlost předjíždějícího $V_2$ [km/h]	10	-				
	20	138,5	-			
	30	103,9	207,8	-		
	40	92,3	138,5	277	-	
	50	86,6	115,4	173,1	346,3	-

Pro vypočtení celkové ujeté dráhy předjíždění potřebujeme druhou obdobnou tabulku tvořenou stejnými kroky rychlosti předjíždějícího a předjížděného vozidla. K výpočtu potřebujeme časové hodnoty z tab. 4.2, které využíváme ve vzorci pro výpočet celkové ujeté dráhy předjíždění.

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow s_{př} = 1000 \cdot V_2 \cdot t \quad [m] \quad (22)$$

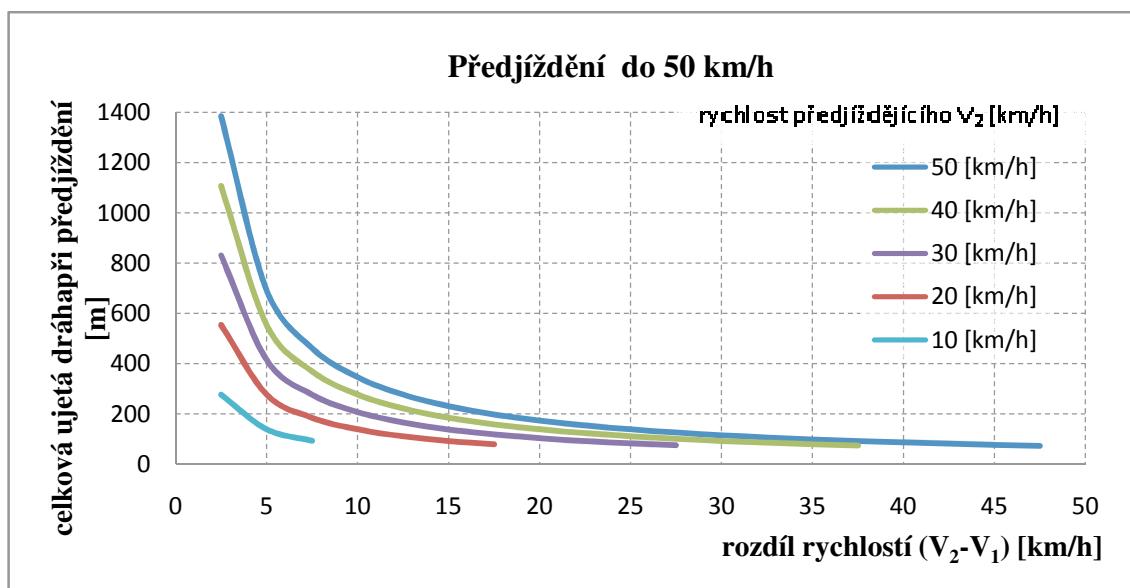
Tento vzorec dále upravíme pro výpočet celkové ujeté dráhy předjíždějícího vozidla s vlivem protijedoucího vozidla. Předmětem úpravy je přidání reakční doby řidiče.

$$v = \frac{s}{t} \Rightarrow s_{př} = 1000 \cdot V_2 \cdot t + 25 \cdot t \quad [m] \quad (23)$$



### Konstrukce grafů předjíždění:

Grafy předjíždění tvoříme z tab. 4.3 skutečné dráhy předjíždění a rozdílu rychlosti předjížděného a předjíždějícího vozidla. Naším úkolem je vytvořit tři grafy předjíždění a to graf předjíždění ve městě do 50 km/h, graf předjíždění na dvou směrově stejných jízdních pruzích (dálnice, rychlostní silnice) do 90 km/h, a graf předjíždění na dvou směrově opačných pruzích (silnice I., II., III. třídy) s vlivem protijedoucího vozidla.

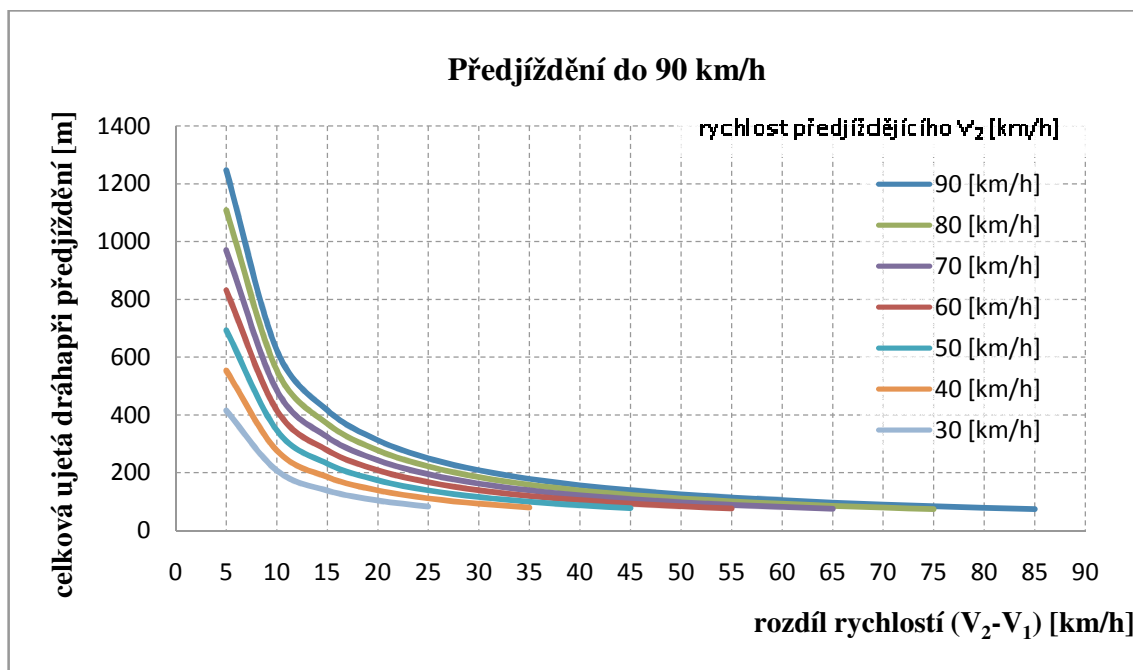


Obr. 4.2

Grafické vyjádření předjíždění návěsové soupravy dlouhou jízdní soupravou do 50 km/h

[autor]

Ve vytvořeném grafu vidíme křivky, které charakterizují rychlost předjíždějícího vozidla, např. předjíždějící vozidlo se pohybuje rychlostí 30 km/h a předjížděné vozidlo se pohybuje rychlostí 25 km/h. Výsledná celková ujetá dráha předjíždění je 400 m.

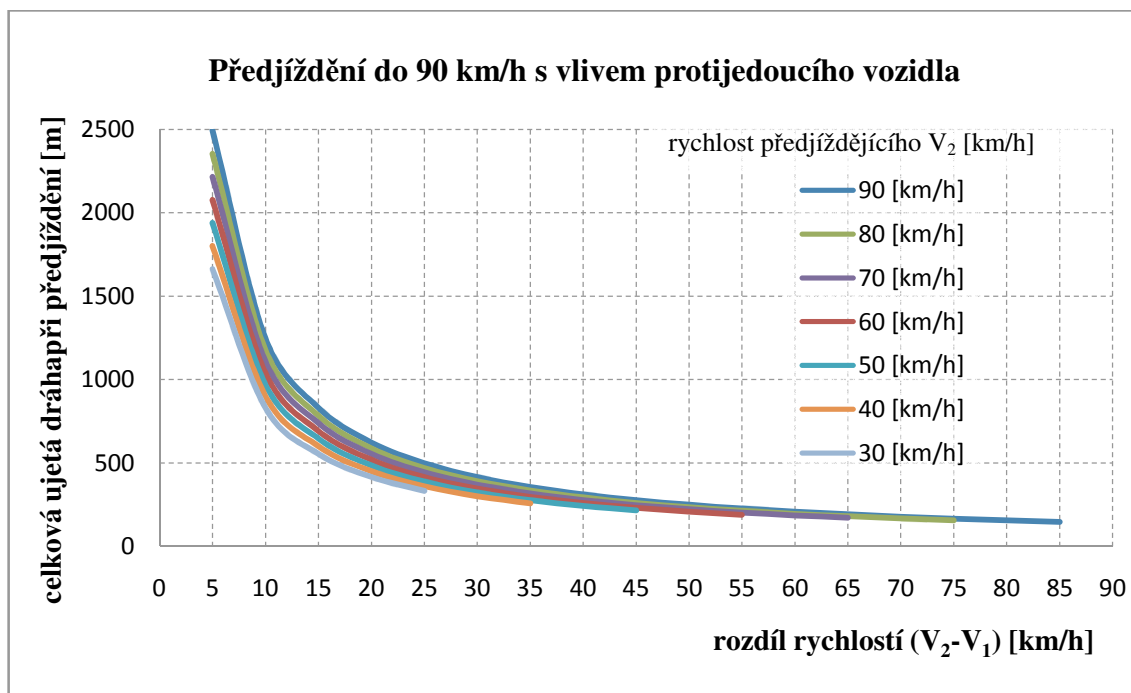


**Obr. 4.3**

Grafické vyjádření předjíždění návěsové soupravy dlouhou jízdní soupravou do 90 km/h

[autor]

Vyobrazený graf předjíždění do 90 km/h (obr. 4.3) představuje situaci na dvouproudých vozovkách, např. dálnicích, nebo rychlostních komunikacích. K lepší orientaci v grafu nám pomůže příklad. Řidič prázdné dlouhé jízdní soupravy bude na dálnici ve stoupání předjíždět maximální povolenou rychlostí 90 km/h řidiče plně ložené návěsové soupravy jedoucího minimální povolenou rychlostí 80 km/h. Vzdálenost, kterou na to řidič dlouhé jízdní soupravy má, je cca 600 m.



Obr. 4.4

Grafické vyjádření předjíždění návěsové soupravy dlouhou jízdní soupravou do 90 km/h s vlivem protijedoucího  
[autor]

Na grafu 4.4 pozorujeme, že předjíždění dlouhou jízdní soupravou návěsovou soupravu na silnicích I., II., III. tříd je velmi limitováno rozhledem řidiče. Například řidiče návěsové soupravy jedoucího rychlostí 85 km/h bude předjíždět řidič dlouhé jízdní soupravy povolenou 90 -ti kilometrovou rychlostí. Vzdálenost, na kterou musí mít bezpečný rozhled, aby mohl začít předjíždět a na samotný proces předjíždění by měl mít asi 2500 metrů. To je jak z hlediska pozorovacích schopností řidiče, tak povaze vozovky nižších tříd (musela by být 2,5km rovná) nereálné. Proto z těchto důvodů vylučuji nasazení takových souprav na pozemní komunikace I. a nižších tříd.

#### 4.3 Ovladatelnost dlouhých jízdních souprav

Ovladatelnost vozidel je velice sledovanou hodnotou při manévrování v místech nakládky, nebo vykládky. Proto jsem se zaměřil na obrysový poloměr otáčení dlouhých jízdních souprav za velmi malé rychlosti kategorie B, C, E, F, G rozčleněných v tab. 1.1. Zbylé kategorie jsem nestudoval kvůli zjednodušení, protože jsou vybaveny speciálními říditelnými podvozky.

Velmi malá rychlost znamená, že se vozidlo pohybuje velmi malou rychlostí, do cca 5km/h a bere se zjednodušující podmínka, že tvar pneumatiky se při zatáčení nedeformuje.

### Postup realizace schematického nákresu obrysového poloměru dlouhých jízdních souprav za pomalých rychlostí:

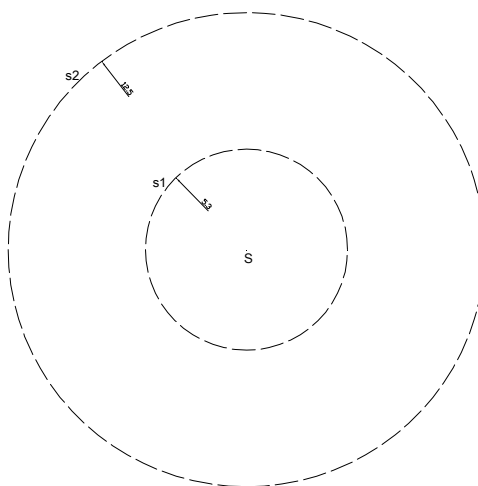
Symbolsy používané pro řešení jsou vysvětleny v tab. (4.4):

**Tab. 4.4** Symbolsy používané v řešení ovladatelnosti vozidel

[autor]

střed kružnic, bod	S, A, F	střed kružnic obrysových poloměrů
kružnice	$s_1$	minimální vnitřní obrysová kružnice
kružnice	$s_2$	maximální vnitřní obrysová kružnice
bod	B	průsečík úhlopříček obdélníku tvořeného z první zadní a poslední zadní nápravy posledního vozidla v soupravě
bod	C	střed ojnicního čepu přípojného vozidla
bod	F	průsečík úhlopříček obdélníku tvořeného z první zadní a poslední zadní nápravy vozidla předposledního vozidla v soupravě
bod	I	poloha vnitřního rejdového čepu vozidla
bod	J	poloha vnějšího rejdového čepu vozidla
kružnice	m	vnější obrysový poloměr vozidla

5. Narýsování dvou základních obrysových kružnic  $s_1$  a  $s_2$  o poloměrech  $r_1=5,3m$  a  $r_2=12,5m$  se stejným středem v bodě S dle EHK

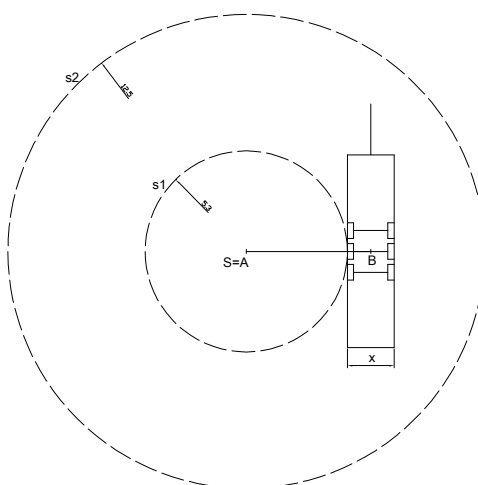


**Obr. 4.5**

nákres obrysových kružnic

[autor]

6. Vykreslení schematického nárysu posledního přípojného vozidla tak, aby úsečka  $AB=r_l+x/2$

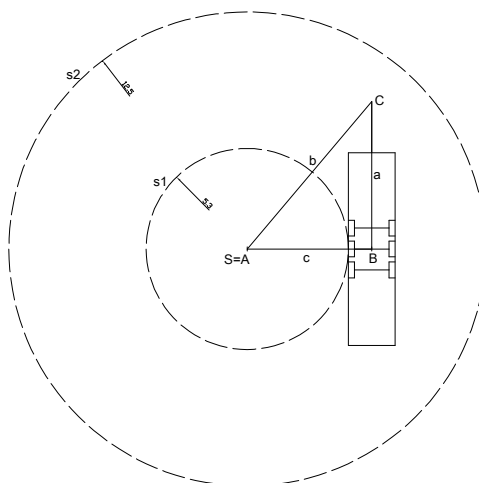


**Obr. 4.6**

Vykreslení posledního vozidla

[autor]

7. Vykreslení pomocného pravoúhlého trojúhelníku  $ABC$  tak, aby bod  $A=S$  a bod  $C$  ležel ve středu čepu spojení vozidel.



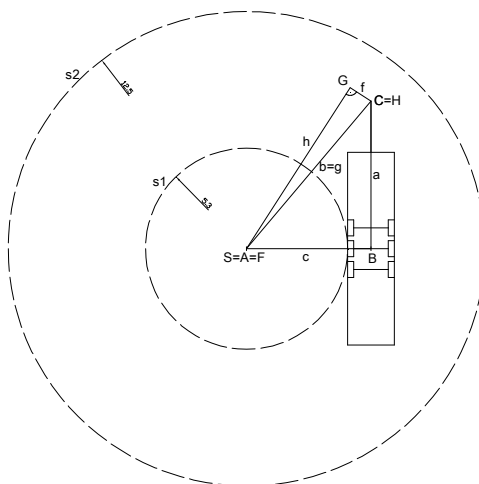
Obr. 4.7

Vykreslení pomocného trojúhelníku

[autor]

8. Na pomocný trojúhelník  $ABC$  navážeme druhým pomocným pravoúhlým trojúhelníkem  $FGH$  tak, aby bod  $F=A$  a bod  $H=C$  a úhel mezi stranou  $h$  a stranou  $f$  byl kolmý. Toho docílíme výpočtem tak, že ze známé strany  $b$  z bodu 3 a známé strany  $f$  pomocí Pythagorovy věty (24) dopočtem úhel  $\alpha$ . Tímto výpočtem najdeme bod  $F$ , který nám značí bod, který leží na ose otáčení vozidla.

$$\sin \alpha = \frac{f}{b} \Rightarrow \alpha = \arcsin \frac{f}{b} \quad (24)$$



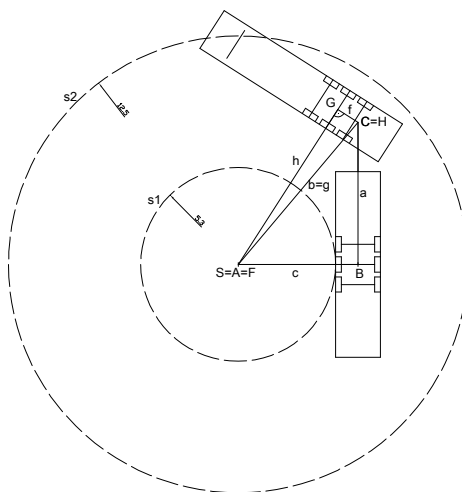
Obr. 4.8

konstrukce druhého pomocného trojúhelníku

FGH

[autor]

9. Tím, že známe úhel  $\alpha$  pravoúhlého trojúhelníku  $FGH$  a fakt, že poloha následujícího vozidla je kolmá ke straně  $h$  můžeme vykreslit polohu následujícího vozidla, v tomto případě tažného vozidla.

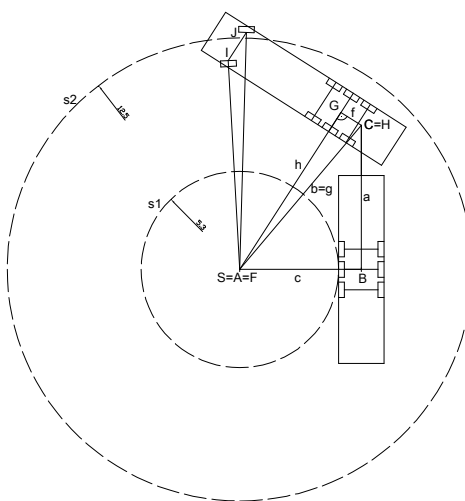


**Obr. 4.9**

nákres druhého vozidla navazujícího na poslední vozidlo soupravy

[autor]

- 10.** Body  $I$  a  $J$  značí polohu rejdových čepů, které jsou na přední říditelné nápravě. Pro zjednodušení jsou vyznačeny ve středu vnitřní strany předních kol. Narýsováním úseček  $IA$  a  $JA$  zjistíme polohu natočení předních kol tak, že přední vnitřní kolo je svou polohou kolmé k úsečce  $IA$ , příp. u vnějšího kola kolmé k úsečce  $JA$ .

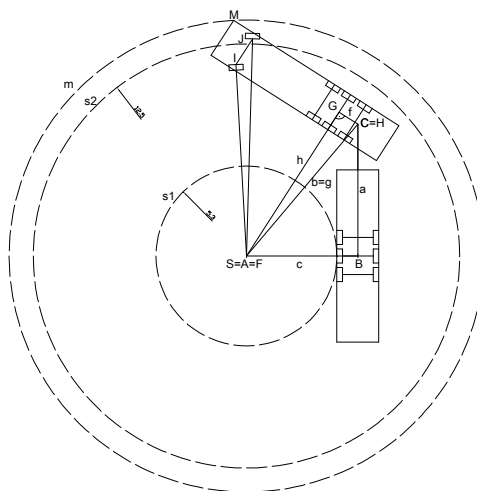


**Obr. 4.10**

vykreslení polohy kol v maximálním rejdu

[autor]

- 11.** Kružnicí  $m$  o poloměru  $r=SM$ , kde bod  $M$  je situován v největší vzdálenosti od středu  $S$  dokončíme nákres. Poloměr  $r$  je obrysový poloměr vozidla.



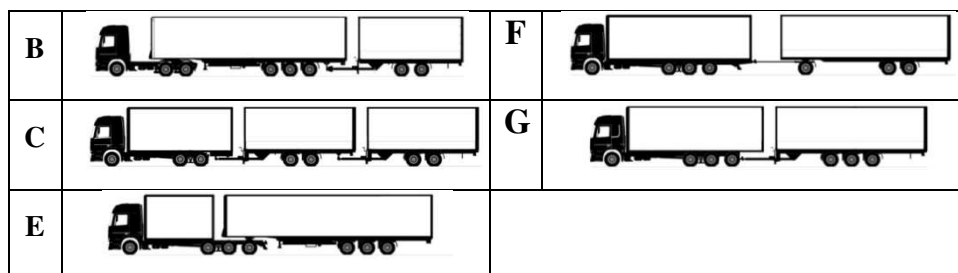
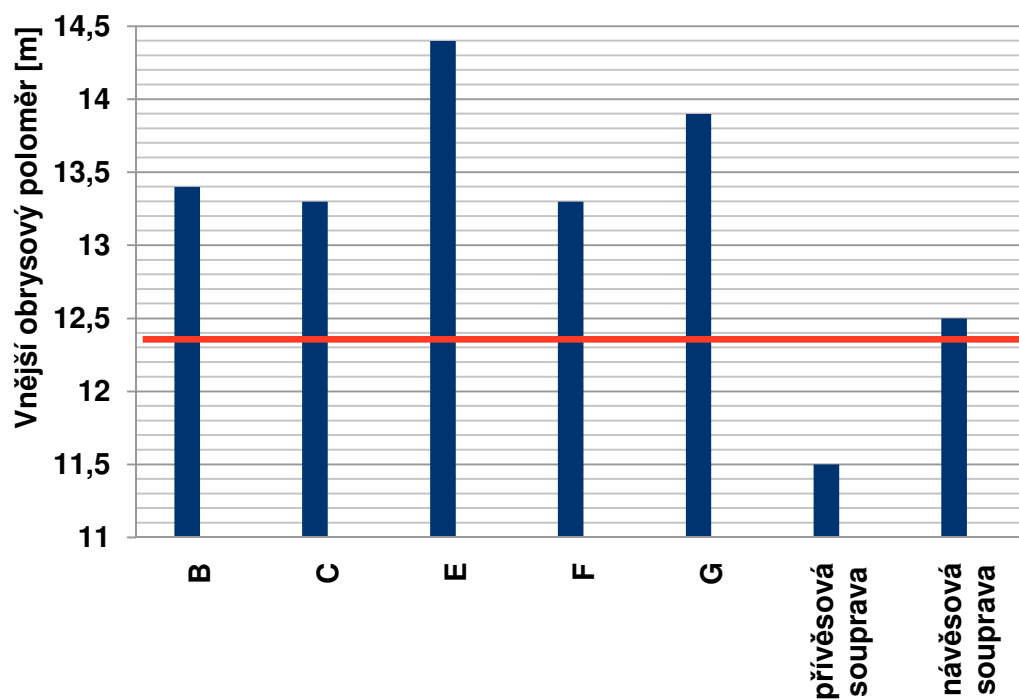
Obr. 4.11

vykreslení konečné obrysové kružnice

[autor]

Obdobně provedeme nákresy u zbylých kategorií.

**Zhodnocení obrysových poloměrů vozidel:**



Obr. 4.12

Grafické srovnání otáčení dlouhých jízdních souprav

[autor]



Všechny jednotlivé nákresy otáčení dlouhých jízdních souprav jsou uvedeny v příloze, kvůli čitelnosti a přehlednosti. Navíc jsou pro srovnání přidány i nákresy standardní přívěsové a standardní návěsové soupravy. Grafické srovnání vidíme na obr. 4.1.2. Do povolených 12,5 m vnějšího obrysového poloměru se musela vejít přívěsová a návěsová souprava, dlouhé jízdní soupravy se nevešly žádné. Největším poloměr otáčení je u soupravy typu E a to 14,4 m. Z toho vyplývá, že obratnost takových souprav je velmi limitována u běžných zákazníků, kteří nedisponují tak velkým manipulačním prostorem. Mým návrhem je, že by se tyto soupravy soustřeďovali pouze na velká logistická centra, nebo překladiště a jezdili by pouze mezinárodní dopravu. Z logistických center by se vnitrostátní dopravou zabývali návěsové, nebo přívěsové soupravy a nižší kategorie nákladních vozidel.

## 5. PROVOZNĚ TECHNICKÉ HODNOCENÍ

Úvodem bylo představení dlouhých jízdních souprav, jejich legislativní omezení v ČR a zahraničí. Vysvětlily se i jiné možnosti přepravy objemnými soupravami.

Byl vytvořen teoretický tahač, který by splňoval dynamické požadavky při celkovém zatížení soupravy 60t. Vypočetla se rychlostní charakteristika teoretického tahače TYP001. Zvolil se optimální konkurent sériově vyráběný tahač MAN a vypočetla se rychlostní charakteristika. Výsledkem srovnání bylo i zjištění pomocí vytvořených rychlostních charakteristik maximální dosažitelnou rychlost vozidel s požadavkem překročení minimální dálniční rychlosti 80 km/h. U obou tahačů minimální dálniční rychlost 80 km/h byla překonána.

Z hlediska bezpečnosti se vytvořilo grafické znázornění předjíždění dlouhými jízdními soupravami, které vypovídá o tom, že dlouhé jízdní soupravy by měli být svými vlastnostmi používány jen na dálniční komunikace, popř. rychlostní silnice, kde se neuvažuje obousměrný provoz.

Poslední kapitolou bylo vyhodnotit minimální obrysové poloměry otáčení vybraných souprav za malých rychlostí. Všechny zkoumané typy souprav překračovaly maximální povolený minimální obrysový poloměr otáčení 12,5 m. Dlouhé jízdní soupravy by se měly provozovat pouze na velkých překladištích nebo velkých logistických centrech.

Úvaha o tom, že by se měla u nás zavést doprava dlouhými jízdními soupravami je nevhodná z důvodů nízkého pokrytí dálniční sítě v ČR, na níž jsou tyto soupravy převážně určeny. Také, pokud budeme brát ohled na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích, tak na nekvalitních silnicích v ČR a hlavně dálnicích je provozování takových souprav velkým rizikem. Přesto, i tak si myslím, že dlouhé jízdní soupravy budou dále zkoušeny a diskutovány dopravními experty z více důvodů, a to hlavně z důvodu stále zvyšujících se nákladů za kilometr a nesporně větší přepravní kapacitou, než standardní soupravy. Dnešní trhy si žádají přesuny zboží v co nejkratší míře, proto také mají tyto soupravy budoucnost. Mimo jiné, při masivnějším nasazení těchto souprav by se zvýšila bezpečnost silničního provozu díky úbytku standardních souprav.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Tenzo váhy [online]. [cit. 2.3.2010]. Dostupný z WWW:

< <http://www.tenzovahy.cz/mobilni-silnicni-vahy-pw10>>

[2] Podvalník [online]. [cit. 2.3.2010]. Dostupný z WWW:

< <http://www.zrust.cz/podvalniky>>

[3] Pro dopravce [online]. [cit. 2.3.2010]. Dostupný z WWW:

< <http://www.prodopravce.cz/>>

[4] Silniční vlak [online]. [cit. 2.3.2010]. Dostupný z WWW:

< <http://www.lideazeme.cz/clanek/kouzlo-silnicniho-vlaku>>

[5] Návěšová souprava double-decker [online]. [cit. 14.5.2011]. Dostupný z WWW:

<<http://aislespyblog.asda.com/2010/11/16/well-deserved-recognition-for-asda-distribution>>

[6] Achtenová, G. – Tůma, V.: Vozidla s pohonem všech kol, BEN – technická literatura, Praha 2009, 1. vydání, 384 s. ISBN 978-80-7300-236-7

[7] Achtenová, G. – Tůma, V.: Vozidla s pohonem všech kol, BEN – technická literatura, Praha 2009, 1. vydání, 384 s. ISBN 978-80-7300-236-7

[8] Matějka R.: Vozidla silniční dopravy I, Alfa, 1990, 2. vydání, 224 s. ISBN 80-05-00392-7

[9] Achtenová, G. – Tůma, V.: Vozidla s pohonem všech kol, BEN – technická literatura, Praha 2009, 1. vydání, 384 s. ISBN 978-80-7300-236-7

[10] Achtenová, G. – Tůma, V.: Vozidla s pohonem všech kol, BEN – technická literatura, Praha 2009, 1. vydání, 384 s. ISBN 978-80-7300-236-7

[11] Matějka R.: Vozidla silniční dopravy I, Alfa, 1990, 2. vydání, 224 s. ISBN 80-05-00392-7

[12] Matějka R.: Vozidla silniční dopravy I, Alfa, 1990, 2. vydání, 224 s. ISBN 80-05-00392-7

[13] Převodovka [online].[cit. 14.5.2011]. Dostupný z WWW:

<<http://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/prevodovka/>>

[14] Náprava [online].[cit. 14.5.2011]. Dostupný z WWW:

<<http://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce//>>